

УДК 681.31

## ФОРМАЛИЗАЦИЯ ЕСС-ДИАГРАММЫ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО БЛОКА В АВТОМАТНУЮ МОДЕЛЬ

К.И.Никишин, магистр, программист,  
ООО «БИС-Поволжье», г. Пенза

Основная тенденция в развитии систем управления в промышленном производстве состоит в переходе от централизованных систем к распределенным интеллектуальным системам, основанным на сетевых технологиях. Это нашло свое выражение в разработке нового международного стандарта *IEC 61499* [1]. В соответствии с архитектурой *IEC 61499* система управления состоит из одного или нескольких взаимодействующих через коммуникационную сеть независимых физических устройств. Функции, выполняемые системой управления, определяются приложением, которое может быть размещено на одном устройстве или распределяется по нескольким устройствам системы. Приложение представляется в виде сети взаимосвязанных функциональных блоков (ФБ). Устройство может включать в себя несколько ресурсов, каждый из которых является функциональной единицей, имеющей независимое управление своими операциями и предоставляющей определенный сервис приложениям, включая диспетчеризацию и выполнение алгоритмов.

Стандарт *IEC 61499* поддерживает парадигму проектирования на основе ФБ. В концепции ФБ аккумулирован опыт из промышленной практики, с их использованием легко интегрируется большое число существующих приложений и систем. Описание системы управления на основе ФБ является выполнимой спецификацией [2,3].

Рассмотрим формализацию на примере промышленной установки *FESTO*, предназначенной для изготовления некоторых законченных деталей из поступающих на ее вход заготовок. Разберём контроллер управления системы путем перевода модели функциональных блоков в автоматную модель на примере одной из станций промышленной установки *FESTO*: тестирующей (Testing Station). Заготовка представляет собой шайбу из пластмассы или металла. Тестирующая станция предназначена для контроля и отбраковки нестандартных заготовок.

Контроллер управляет поведением компонентов станции, к которой он принадлежит, на основании сигналов с датчиков этой станции, а так же сигналов, приходящих от соседних станций. Контроллер должен за один такт обрабатывать несколько входных сигналов и вырабатывает несколько управляющих сигналов.

Работу контроллера имитирует функциональный блок *controller* типа *CONTROLLER* (рис 1).

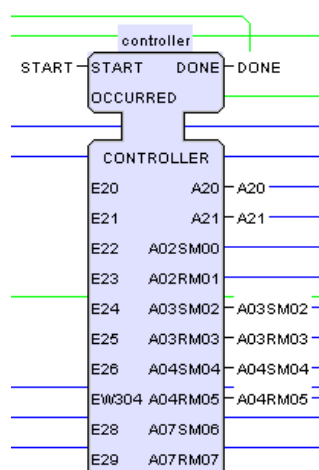


Рисунок 1. Интерфейс блока типа *CONTROLLER*

**Событийные входы:** *START* – сигнал начала работы; *OCCURED* - сигнал для запуска контроллера.

**Событийный выход:** *DONE* – сигнал окончания работы контроллера.

**Информационные входы:** *E20* – выход для передачи данных о соответствии/не соответствии материала детали (*E2\_0 = FALSE* – не соответствует); *E21* – выход для передачи данных о наличии детали в блоке детекторов (*E2\_1 = TRUE* – деталь присутствует); *E22* – выход для передачи данных о соответствии/не соответствии цвета детали (*E2\_2 = TRUE* – соответствует); *E23* - лифт наверх; *E24* - лифт вниз; *EW304* – измерительный стержень опущен; *E06* – измерительный стержень поднят.

**Информационные выходы:** *A21* - движение лифта вверх; *A20* - движение лифта вниз; *A04SM04* – вход для опускания заслонки; *A04RM05* - вход для поднятия заслонки; *A03SM02*– сигнал «опустить измерительный стержень»; *A03RM03*– сигнал «поднять измерительный стержень»;

Автоматная модель контроллера тестирующей станции представлена на рисунке 2. Для удобства работы с автоматными моделями была выбрана программа *Supremica* [4], которая выполнять все основные операции с автоматами (синтез, верификация, устранение тупиков и др).

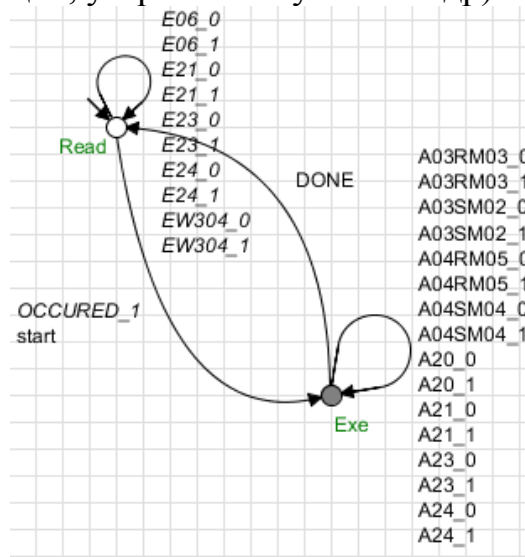


Рисунок 2. Модель контроллера тестирующей станции

Спецификация описывает требуемое поведение системы и накладывает ограничение на выполнение модели оборудования. Общее требуемое поведение тестирующей станции представлено на рисунке 4, которое составлено по ECC-диаграмме функционального блока *CONTROLLER* (рис 3).

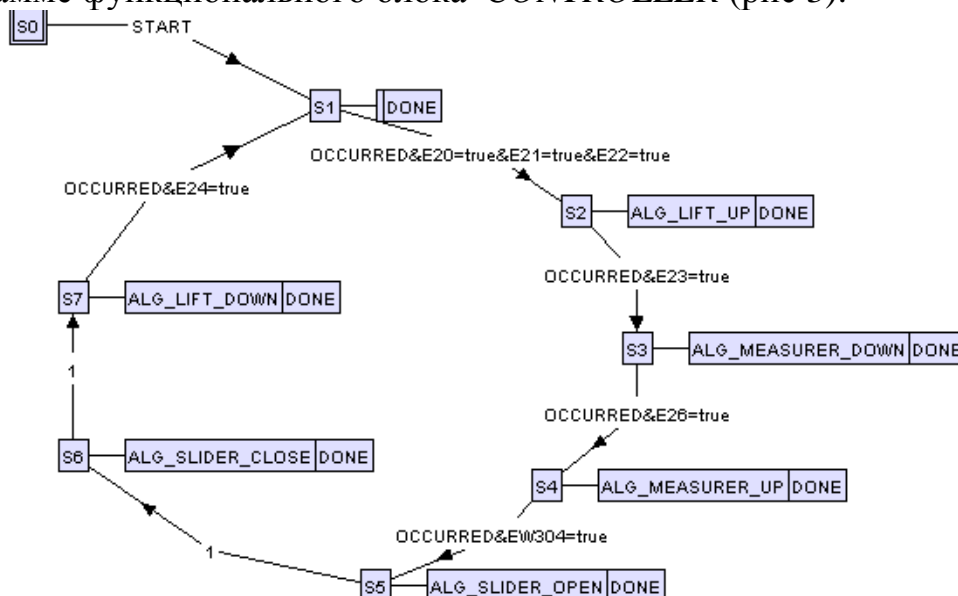


Рисунок 3. ECC-диаграмма функционального блока *CONTROLLER*

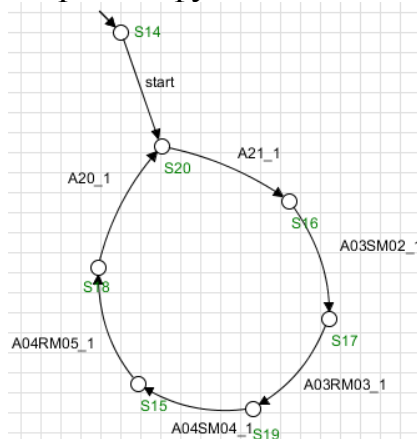


Рис 4. Общее требуемое поведение тестирующей станции

После проведения измерений в блоке детекторов, деталь с помощью лифта поднимается к блоку измерений. В блоке измерений на деталь опускается измерительный стержень, и производятся соответствующие измерения. После измерений, деталь с помощью выталкивателя поступает в блок скользящего желоба, а лифт опускается в исходное положение.

Необходимо ограничить поведение отдельных компонентов тестирующей станции. Для этого необходимо добавить спецификации подъема и опускания лифта, открытия и закрытия заслонок скользящего желоба, опускания и подъема измерительного стержня. Эти спецификации строятся по алгоритмам функциональных блоков. Рассмотрим пример алгоритма подъема лифта, который представлен ниже.

```
<Algorithm Name="ALG_LIFT_UP" >
  <ST Text="A21:=true; &#10;" />
</Algorithm>
```

В результате чего автоматная модель такого алгоритма будет иметь следующий вид (рис 5).

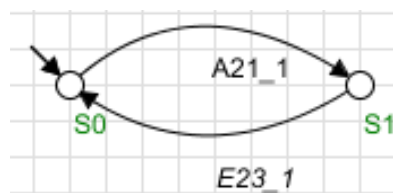


Рисунок 5. Спецификация подъема лифта

В ходе синтеза всей тестирующей станции было получено: 65 состояний, 29 событий и 408 переходов (рис 6).

Editor		Analyzer		
Name	Type	Q	Σ	→
Control_new	Plant	2	29	29
Alg_Lift_down	Specification	2	2	2
Lift_plant_up	Plant	2	2	2
MSR_is_down	Plant	2	2	2
Alg_Measurer_down	Specification	2	2	2
Alg_Lift_up	Specification	2	2	2
Slide_station	Plant	3	4	4
Lift_control	Plant	3	8	10
Measurer_control	Plant	3	8	10
ECC_Control_new	Specification	7	7	7
ECC_Control_new2	Specification	12	11	21
Alg_Slider_close	Specification	2	2	2
Alg_Measurer_up	Specification	2	2	2
MSR_is_up	Plant	2	2	2
Alg_Slider_open	Specification	2	2	2
Lift_plant_down	Plant	2	2	2
sup(Control_new  Lif...	Supervisor	65	29	408

Рисунок 6. Синтез супервизора тестирующей станции

В ходе теоретических и практических исследований, проведенных в работе, получены следующие результаты: описана автоматная модель контроллера через функциональный блок, представлена формализация ECC-диаграммы функционального блока *CONTROLLER* в автоматную модель поведения, представлен алгоритм подъема лифта в автоматную модель.

#### Список литературы:

1. IEC61499 – Function Blocks for Industrial Process Measurement and Control Systems, International Electric Commission, Draft, Tech.Comm.65, Working group 6, Geneva, 2001
2. Ramadge, P.J. Supervisory control of a class of discrete event processes. / P.J.Ramadge, W.M.Wonham – SIAM Journal on Control and Optimization, 25(1):206–230, 1987.
3. Charbonnier, F. The supervised control of discrete-event dynamic systems. / F.Charboinnier, H.Alla, R.David — IEEE Transactions on control systems technology, vol. 7, №2, 1999.
4. SUPREMICA [Электронный ресурс] — <http://www.supremica.org>.